

приток к скважине позволяют судить о действительных параметрах водоносных пород, зональной неоднородности пластов, обоснованно подходить к проектированию скважин в зависимости от их назначения.

Гидравлика фильтров скважин зависит от гидрогеологических условий, конструктивных особенностей скважин, специфики их эксплуатации или опробования [1].

Разрабатываемый стенд можно использовать в учебной работе при выполнении практических и лабораторных работ, а также в научно-исследовательской деятельности. Лабораторный стенд позволит выполнить и осуществить следующее:

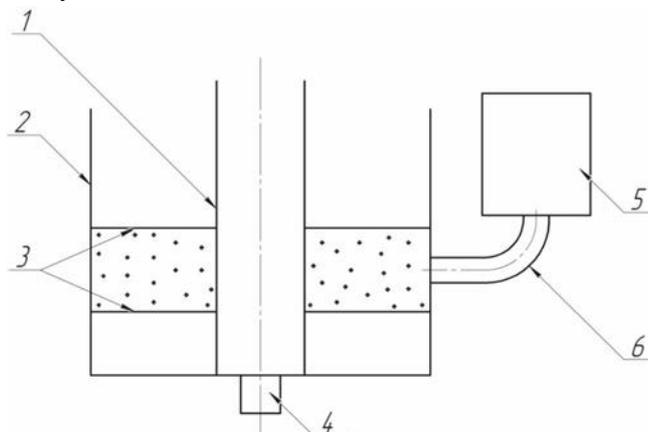


Рис. Схема лабораторного стенда:

**1 – труба имитирующая скважину; 2 – корпус; 3 – съемные перегородки;
4 – сливной патрубок; 5 – емкость для жидкостей; 6 – соединительный патрубок.**

а) моделировать различные виды скважин – водозаборные, наблюдательные, технологические для подземного выщелачивания, нефтяные;

б) используя сменные трубы различных размеров имитировать различные диаметры буровых скважин;

в) съемные перегородки позволят регулировать продуктивный пласт различной толщины;

г) использовать различные технологические жидкости (вода, нефтепродукты, растворы кислот и щелочей, буровые растворы)

д) оборудовать водоносный горизонт разнообразным водоподъемным оборудованием;

е) отрабатывать установку фильтров при различных способах бурения и их освоение;

ж) изучать кольматаж фильтров и прифильтровых зон скважин;

з) изучать гидравлику фильтров т.е.:

- определять оптимальную конструкцию фильтров и их элементов;
- изучать контактные потери напора в зоне фильтр – порода (гравийная обсыпка);
- определять величины гидравлических потерь в зависимости от того откачивается ли из скважины вода (жидкость) или нагнетается в нее;
- анализировать особенности работы фильтров в различных условиях;
- оценивать сопротивление фильтров без учета контактных потерь напора;

Литература

1. Гаврилко В.М., Алексеев В.С. Фильтры буровых скважин. – Изд. 2-е. перераб и доп. М.: Недра, 1976. – 345 с.

АНАЛИЗ И ИТОГО ОПЕРЕЖАЮЩЕГО СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕРТИКАЛЬНЫХ СЕКЦИЙ СКВАЖИН НА КУЮМБИНСКОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕВМОУДАРНОГО БУРЕНИЯ

К. В. Бузанов, Л. Н. Нечаева

Научный руководитель старший преподаватель Л.Н. Нечаева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Авторы выражают искреннюю признательность генеральному директору ООО «Интес» Андрею Владимировичу Петрову за предоставленные для анализа производственные данные.

Анализируя текущую ситуацию в нефтегазовом секторе нашей страны нельзя не заметить значительное смещение вектора развития отрасли в регионы Восточной Сибири и Якутии. Только компаний ОАО «НК «Роснефть» за 2006-2014 гг. на лицензионных участках Иркутской области открыто шесть месторождений: 2

нефтегазоконденсатных – Северо-Даниловское, имени Савостьянова, 1 газонефтяное – имени Лисовского, 2 нефтяных – Санарское, имени Мазура, 1 газовое – Южно-Даниловское. На 01.01.2015 г. суммарные запасы месторождений составляют 477 млн. т нефти и конденсата и 192 млрд. м³ газа [12]. В настоящий момент осуществляется строительство Иркутского и Якутского центров газодобычи, инвестором выступает ПАО «Газпром». При реализации таких проектов, особенно, на фоне сложнейшей макроэкономической обстановки, ключевым фактором эффективности является внедрение ресурсосберегающих технологий.

В 2014 году компанией ООО «Интес» на Куюмбинском нефтяном месторождении (Красноярский край) инициировано проведение опытно-промышленных работ по опережающему строительству вертикальных секций 426 мм и 324 мм, а также бурению водозаборных скважин на базе мобильной буровой установки с применением погружного пневмоударника и очисткой забоя ГЖС. Технико-технологическое решение было вызвано спецификой геологического строения месторождения, а именно наличием несовместимости условий бурения, выраженной катастрофическими поглощениями промывочной жидкости в интервале от 6 до 540 метров [9].

Исследуя природу несовместимости условий, в которых происходили поглощения бурового раствора, факторы, способствующие их возникновению, характер проявления, а также статистику ликвидаций, специалистами ООО «Интес» были отмечены следующие факты:

1. Катастрофические поглощения промывочной жидкости возникают в интервале залегания Эвенкийской свиты (6-540 метров), представленной трещиноватыми доломитами (75%), слоистыми мергелями и глинистыми известняками (15% и 10% соответственно) со значительной степенью перемежаемости и неоднородности пород по разрезу.

2. Процесс углубления скважины в сопровождении поглощений промывочной жидкости начинается при необходимой для качественной очистки ствола скважины производительности буровых насосов в 36 л/с, при условии бурения с винтовым забойным двигателем ДРУ-240.

3. В исследуемом интервале бурения применение кольматационных материалов различной природы и фракций, профильных перекрывателей, снижения удельного веса промывочной жидкости, а также вязко-упругих составов не приносило положительных результатов. Результативны только периодически повторяющиеся установки цементных мостов (в среднем 3-5 на интервал).

4. Организация работ в условиях поглощения промывочной жидкости определяет возможность углубления скважины бурением от привода ротора с ограничением механической скорости бурения до 2-3 м/ч из-за присутствия твердых пропластков. В случае бурения с ВЗД, необходимо обеспечить бесперебойную подачу технической воды к забою скважины, с учетом поглощения до 50 м³/час [9].

Анализ современного опыта, в том числе зарубежного (США, Китай, Канада) показал технологическую эффективность применения воздуха, азота, тумана, пены и газожидкостных смесей в аналогичных геологических условиях. Так в КНР в период с 1999 по 2015 гг. 963 скважины пробурены с применением газообразных рабочих агентов, в том числе 676 скважин на месторождениях в провинции Сычуань с участием специалистов Чуаньцинской Буровой инженерной компании (CCDC) [14]. Очистка забоя газообразными агентами применялась на различных глубинах. Практикой ведения работ на месторождении Шанло установилось, бурение интервалов под секции 508 мм, 426 мм, 324 мм с продувкой сжатым воздухом. Глубины спуска обсадных колонн составляют 60 м, 350 м и 600 м соответственно. Бурение под секции 245 мм и 168 мм до глубин 1450 м и 2800 м ведется с применением пены, газожидкостной смеси или аэрированного бурового раствора в зависимости от величины водопритока и ФЭС пласта.

На основе имеющегося зарубежного опыта, а также статистики ведения буровых работ традиционным способом, специалистами компании ООО «Интес» выявлена и обозначена перспективность внедрения новой методологии сооружения скважин на Куюмбинском месторождении, а именно опережающее строительство секций направлений и кондукторов на базе мобильного бурового комплекса с применением погружного пневмоударника и очисткой забоя газожидкостными смесями.

Одним из ключевых моментов реализации технологии стала разработка индивидуальной программы бурения вертикальных интервалов скважин Куюмбинского нефтяного месторождения с применением пневмоинструмента. На стадии проектирования программы ведения работ необходимо суммировать закономерности процесса бурения для исследуемых интервалов, обосновать выбор оборудования и обозначить рекомендуемые параметры режима бурения.

Особенности геологического строения Эвенкийской свиты обуславливают присутствие осепей и обвалов стенок скважины в слабосцементированных раздробленных терригенных отложениях наряду с поглощениями бурового раствора. Специалисты ООО «Интес» приняли границу зоны неустойчивости терригенных отложений до 35 метров, а также на основе анализа статистического материала выявили закономерность возникновения поглощений промывочной жидкости и резкого снижения механической скорости бурения в интервале на глубине 60-80 м при традиционном технологическом подходе. Также было отмечено наличие водопритока в скважину до 12 м³/ч в исследуемом интервале.

Технологическими решениями для обеспечения устойчивости ствола скважины, соблюдения коммерческой скорости бурения и реализации программы строительства скважин на месторождении предусматривалась организация работ по опережающему строительству вертикальных секций направления 426 мм до глубины 35 м и кондуктора 324 мм до глубины 550 м.

Практической и научной новизной принятого является факт реализации решения проблемы возникновения катастрофических поглощений промывочной жидкости, увеличения механической скорости, а также организация работ по углублению скважин в геологических условиях нефтяного месторождения Восточной Сибири инструментарием, ранее не применявшимся в нефтегазовом комплексе РФ, обоснованием

которому являются одни из фундаментальных законов физики разрушения горных пород, технологии бурения скважин, а также аэродинамики процессов очистки скважины газообразными рабочими агентами.

Мобильным буровым комплексом, на базе которого велось опережающее строительство, была выбрана МБУ «COOPER 550 LTO», как высвободившаяся единица фонда производственной мощности. Грузоподъемность установки – 106,5 т, что позволяет выполнить спуск ОК-324 мм на глубину 550 метров [10].

Бурение первых десяти метров осуществлялось с использованием ковш-бура КФВ-К диаметром 520 мм с целью эффективно пройти слой четвертичных отложений. Проходка ковш-буром за один рейс составляет 1,2 метра, после чего производится подъем для очистки от выбуренной породы. При этом оптимальный режим бурения был достигнут эмпирическим путем. Осевая нагрузка на ПРИ составила 1 т, частота вращения – 60 об/мин, момент на ПРИ – 0,5 кН·м. В таблице 1 представлена КНБК при бурении скважины ковш-буром [9].

Таблица 1. КНБК для бурения интервала 0-10 м.

№ элемента	Название элемента	Длина, м
1	Ковш-бур КФВ-К 520 №2606	2,34
2	УБТ-203 №05	1,5
3	Переводник 3-117х3-121Л	0,4
4	ВБТ-112	11,4

По достижении забоя 10 метров проектными решениями предусмотрено бурение инструментом дробяще-скалывающего действия от привода ротора с продувкой скважины воздухом до глубины 35 м. Решение о бурении без пневмоударника в данном интервале было обосновано значительными рисками осыпей и обвалов стенок скважины. Для реализации очистки забоя скважины воздухом буровую установку оснастили тремя компрессорами SULLAIR Combo 1150XHN/1350XNDL номинальной производительностью 38,2 м³/мин и развиваемым давлением 2,4 МПа каждый. Компоновка низа буровой колонны указана в таблице 2 [9].

Таблица 2. КНБК для бурения интервала под направление

№ элемента	Название элемента	Длина, м
1	Долото EBXT1GS Ш 508 мм s/n 11767592	0,7
2	Переводник М 3-177/М 3-152 №22707	0,56
3	КЛС Ш 444 мм №512-10	2,28
4	Переводник Н 3-152/М 3-171мм №104	11,4
5	УБТ 203 мм	4,5
6	Переводник 3-117х3-121Л	0,4
7	ВБТ 112 мм	11,4

При этом осевая нагрузка на ПРИ составила 2 т, частота оборотов ротора – 40 об/мин, момент на ПРИ – 0,5 кН·м.

В основу раздела программы, содержащей технико-технологические решения по бурению интервала под секцию 324 мм (от 35 до 550 метров), легла методика выбора пневмоударника и буровой коронки, предложенной компанией Halso.

На рисунке 1 изображена схема выбора конфигурации буровой коронки [11].

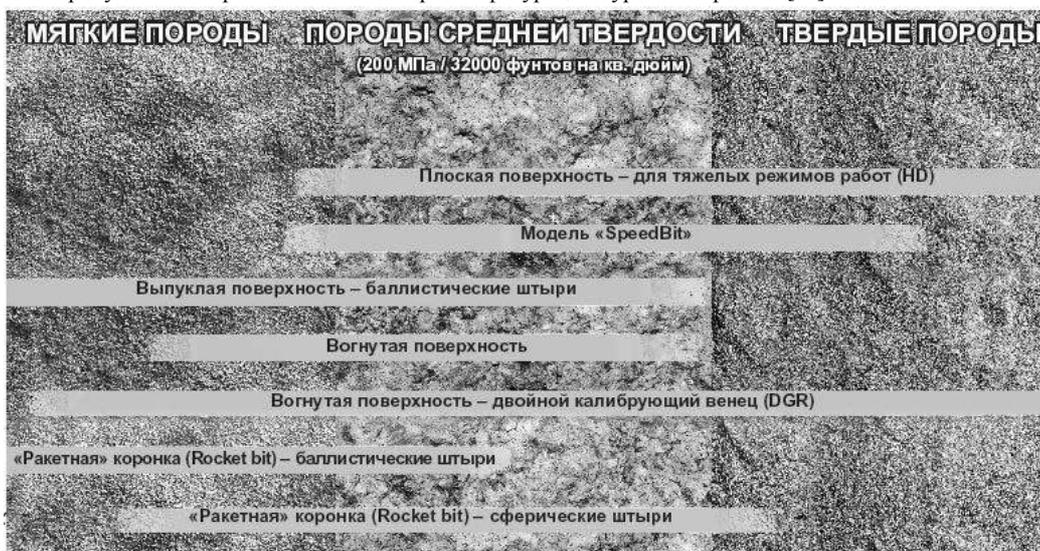


Рисунок 1. Выбор конфигурации буровой коронки

Для пород Эвенкийской свиты, характеризующихся как преимущественно средней твердости, был выбран вариант буровой коронки с вогнутой поверхностью без двойного калибрующего венца (Concave), для нормальных условий работ с максимальным контролем вертикальности ствола скважины. Здесь же в качестве инструмента разрушения породы были выбраны сферические вставки, обеспечивающие наилучшие эксплуатационные характеристики и длительность срока службы при всех состояниях, и рекомендованных компаний Halco для бурения по очень твердым и абразивным породам [7]. Диаметр коронки составил 381 мм.

Следуя методологии выбора погружного пневмоударника компании Halco, необходимо соблюсти два принципиальных требования: обеспечение пневмоударником требуемой скорости выноса выбуренной породы и максимальной приближенности внешнего диаметра к диаметру скважины. Из таблиц 3 и 4 следует, что наибольшая скорость выноса достигается при применении пневмоударников Mach 122/132/142 [7].

Таблица 3. Расход воздуха для пневмоударников серии Halco (м³/мин)

Модель пневмоударника	0,7 МПа	1,05 МПа	1,2 МПа	1,4 МПа	1,7 МПа	2,4 МПа
Dominator 100	1,6	2,6	3,0	3,5	4,5	-
Mach 20	2	3,8	4,8	5,8	7,6	-
Mach 303	2,8	4,4	5,0	5,9	7,3	10,0
Dart 350	2,5	4,7	5,6	7,0	9,3	13,8
Dominator 350	2,3	4,4	5,2	5,5	8,5	12,5
NT4	4,3	5,5	8,8	11,0	13,2	15,5
Mach 44	4,8	7,0	8,0	9,5	12,0	17,2
Dominator 400/ S-Dominator 400	5,2	7,5	8,5	9,9	12,2	17
NT5/NT5 HD	5,6	9,4	13,2	17,0	20,8	24,6
NT5E	5,6	11,2	15,8	20,4	25,0	29,5
Mach 50	5,7	7,2	8,2	11,0	14,9	23,4
Dominator 500/ S- Dominator 500/ S- Dominator 550	5,5	8,5	9,9	12	15,6	22,65
NT6/NT6HD	5,8	10,8	14,8	18,8	22,8	26,8
NT6E	8,8	13,5	18,2	22,9	27,5	32,2
Dominator 600/ S- Dominator 600/ S- Dominator 650	-	9,5	12	14,1	19,5	30
Mach 60	5,1	7,9	9,1	12,5	16,4	25,5
Dominator 750	9,9	15,7	18	21,5	27,3	38,5
Dominator 800	5,5	10,8	13,9	15,1	19,3	27,9
Dominator 880	10,9	16,5	18,9	22,4	28,1	39,5
Dominator 880 DeepWell	14,6	23,5	27,1	32,5	41,5	59,4
Dominator 850	11	16,8	19	22,5	28,2	39,5
Dominator 1000	15,6	24	32	40,3	48,5	56,5
Mach 120	-	-	24,35	28,3	35,4	48,1
Mach 122/132/142 S-Dominator 1200	19,8	29,45	33,4	39,05	48,1	70,8

В таблице 4 представлены значения скорости (м/мин) на каждый кубический метр воздуха, прошедшего через пневмоударник для каждого сочетания диаметров буровой трубы и буровой коронки.

Для пневмоударника Mach 122 имеем требуемый расход воздуха 70,8 м³/мин при давлении на манометре 2,4 МПа. Сочетание диаметра буровой коронки 381 мм и бурового инструмента 114 мм требует 10 м/мин на каждый кубический метр воздуха, прошедший через пневмоударник Mach 122. Таким образом, при использовании буровой коронки диаметром 381 мм, пневмоударника Mach 122 и бурового инструмента 114 скорость выноса породы для средней частицы с забоя скважины составит 708 м/мин или 11,8 м/с [7]. Необходимо отметить, что требуемая скорость выноса породы с забоя скважины является одним из важнейших и сложных для определения на стадии моделирования параметров при ударно-вращательном бурении с продувкой воздухом. Взвешенную оценку выбора этого параметра, зависимости ее от типа горной породы, формы и размера частички шлама дал Б.Б. Кудряшов [6].

Внешний диаметр пневмоударника Mach 122 составляет 273 мм, что является ближайшим значением к диаметру скважин, согласно типоразмерному ряду Halco [7].

В таблице 5 представлена КНБК, применяемая при бурении интервала под кондуктор на Куюмбинском нефтяном месторождении [9].

Таблица 4. Значения скорости для 1 м³, проходящего через пневмоударник.

Диаметр буровой коронки (дюймы/мм)	Диаметр бурильной трубы							
	2 1/8" 54 мм	2 3/4" 70 мм	3" 76 мм	3 1/2" 89 мм	4" 102 мм	4 1/2" 114 мм	5" 127 мм	5 1/2" 140 мм
2 3/4"/70 мм	642							
3 1/3"/85 мм	295	548	880					
3 1/2"/90 мм	254	420	607					
3 15/16"/100 мм	180	249	304					
4 1/8"/105 мм		208	243	410				
4 1/4"/108 мм		188	218	340				
4 1/3"/110 мм		177	201	305	751			
4 1/2"/115 мм		153	171	240	451			
4 3/4"/120 мм		134	148	196	319	907		
5"/127 мм		113	123	155	222	407		
5 1/8"/130 мм		106	114	142	196	326		
5 1/2"/140 мм		87	92	109	138	193	367	
6"/152 мм		70	73	83	99	125	179	
6 1/8"/156 мм		66	69	78	92	114	158	
6 1/4"/159 мм		63	66	74	86	105	140	
6 1/2"/165 мм		57	59	66	76	89	115	
6 3/4"/171 мм		52	54	59	67	78	96	
7"/178 мм				54	60	69	82	105
7 1/2"/191 мм				45	49	55	63	90
7 7/8"/200 мм				40	43	47	53	62
8"/203 мм				38	41	45	51	58
8 1/2"/216 мм				33	35	38	42	47
8 7/8"/225 мм				30	32	34	37	41
9 5/8"/245 мм				24	26	27	29	32
10"/254 мм				22	24	25	26	28
11"/279 мм				18	19	20	21	22
11 7/8"/300 мм				15	16	17	17	18
12 1/4"/311 мм				14	15	15	16	16
13"/330 мм						13	14	14
14 3/4"/375 мм						10	10	11
15"/381 мм						10	10	10
17 1/2"/445 мм						7	7	7
18 1/2"/470 мм						6	6	6
20"/508 мм						5	5	5
22"/559 мм						4	4	4

Таблица 5. КНБК для бурения интервала под кондуктор

№ элемента	Название элемента	Длина, м
1	Буровая коронка 381 мм CONCAVE SD 12 BIT №345732	0,38
2	Пневмоударник MACH 122 №1100	6,6
3	УБТ-229мм	9,94
4	Переводник Н 3-171/М 3-152	0,46
5	Центратор OD-374мм	1,5
6	Переводник Н 3-152/М 3-133	0,36
7	СБТ-114 мм	Необх.
8	Клапан обратный	0,5
9	ВБТ-112	11,4

Процесс углубления осуществлялся с осевой нагрузкой на ПРИ до 3 т, частотой вращения 20 об/мин, давлением на манометре 1,7 МПа и расходе воздуха 76,4 м³/мин. При забое 118 м и достижении механической скорости бурения 100 м/ч на скважине №401 возникла прихватопасная ситуация, в результате которой бурильная колонна потеряла подвижность [9]. Ликвидировать аварийную ситуацию удалось только лишь закачкой воды. В целях искусственного ограничения скорости проходки и предотвращения риска возникновения аварийной ситуации дальнейшее бурение скважин с опережением осуществлялось от привода ротора МБУ без пневмоударника и заменой буровой коронки на инструмент ДСД. Специалистами компании ООО «Интес» было принято решение очистки забоя скважины технической водой. Это повлекло возникновение катастрофического поглощения промывочной жидкости на скважине №402 при прохождении интервала 10-81 м и вынужденной операции по спуску компоновки двоярного селективного пакера с системой перепускных и предохранительных

клапанов с последующей закачкой гидрогеля DRILL HLUG. Идентичная ситуация возникла при бурении всех последующих четырех скважин.

Рекомендациями к успешному результату внедрения технологии строительства секций скважин с опережением на Курумбинском нефтяном месторождении, по мнению автора, являются принятие во внимание методик определения требуемой скорости выноса выбуренной породы и расчета подачи воздуха, необходимой для качественной очистки ствола скважины, разработанных Б.Б. Кудряшовым. Некоторые аспекты практического применения методик рассмотрены в работах [3,4]. Пересчет параметров режима продувки скважины повлечет за собой доукомплектование МБУ компрессорами, с развиваемым давлением 3,5 МПа и дожимными бустерными установками для компенсации противодействия от водопритока, а также изменения в параметрах режима бурения. Современные мобильные буровые установки таких производителей, как Schramm, Atlas Copco, KERUI оснащены верхним силовым вращателем, который эффективнее вращает колонну, недопуская удара вставок о ранее сколотые участки скважины и, как следствие, падения механической скорости бурения.

Тем не менее, принятую инициативу компании ООО «Интес» можно считать «технологическим прорывом» при решении проблем строительства скважин Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия), поскольку обладает как производственной, так и научной новизной. И перспективность, обоснованность и доказанная применимость технологии являются одними из ключевых факторов к дальнейшему глубокому её изучению.

Литература

1. Бронзов А.С. Бурение скважин с использованием газообразных агентов. – М.: Недра, 1989. – С. 56-75.
2. Бузанов К.В., Борисов К.И. Технология бурения пневмоударником как способ предупреждения катастрофических поглощений на Дулисьминском месторождении // Научно-технический журнал Инженер-Нефтяник. – Москва, 2014. – №4. – С. 28 – 31.
3. Бузанов К.В., Борисов К.И., Лавров А.А. Обоснование и расчет параметров оборудования пневмоударного бурения интервалов под направления на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении // Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». – Москва, 2015. – №3. – С. 30 – 38.
4. Бузанов К.В., Борисов К.И. Обоснование и расчет параметров оборудования и распределения аэродинамических давлений при реализации пневмоударного бурения в геологических условия Чагинского месторождения // Научно-технический журнал «Вестник ассоциации буровых подрядчиков». – Москва, 2015. – №4. – С.9-15.
5. Спутник буровика / под ред. Иогансена К.В. – М.: Недра, 1990. – 303 с.
6. Б.Б. Кудряшов, А.И. Кирсанов. Бурение разведочных скважин с применением воздуха. – М.: Недра, 1990 г. – 263 с.
7. Бурение с погружными пневмоударниками от А до Я // TEREX Inc. – Malaga. Western Australia 2007. – 74 с.
8. ГОСТ 632-80 «Трубы обсадные и муфты к ним» // Государственный комитет по стандартам СССР. – М.: 1980.
9. Индивидуальная программа бурения вертикального участка скважины №401 Курумбинского нефтяного месторождения // ООО «Интес». – Нижневартовск 2014. – 17 с.
10. Инструкция по эксплуатации МБУ «COOPER 550 LTO» // Корпорация «COOPER». – США 1995. – 25 с.
11. Каталог изделий – оборудование для бурения с погружным пневмоударником // Компания Atlas Copco Secoroc AB. – Швеция, 2007.
12. Официальный сайт ЗАО НК «Роснефть» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.rosneft.ru/Upstream/Exploration/easternsiberia/evenkia/> (дата обращения 13.03.2016)
13. K. V. Buzanov K., Yu. L. Boyarko., O. S. Uljanova. Development of engineering solutions for air drilling at Dulisminskoye oilfield, Irkutsk oblast// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 27, conference 1. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/27/1/012049/meta>
14. Презентационные материал Корпорации KERUI

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СНАРЯДОМ И ЗАБОЕМ ПРИ ШАРОСТРУЙНОМ БУРЕНИИ СКВАЖИН

А. Р. Вагапов, Д. А. Нечаев, Д. Г. Дубинский

Научный руководитель, старший преподаватель А. В. Ковалев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В последние годы наметилась тенденция к увеличению объёмов бурения в твёрдых горных породах. По этой причине идёт поиск новых способов бурения, обеспечивающих большие значения механической скорости и проходки на долото по сравнению с традиционными. Одним из перспективных способов является шароструйное бурение скважин, активно исследуемое на кафедре бурения скважин Томского политехнического университета.

Суть вышеуказанного способа состоит в разрушении горной породы посредством соударения металлических шаров с забоем скважины. При этом непрерывная циркуляция шаров в призабойной зоне скважины обеспечивается струйным аппаратом, лежащим в основе конструкции шароструйно-эжекторного бурового снаряда (ШЭБС). Как показывают расчёты и проведённые ранее испытания [1, 2, 3], данный способ обеспечивает лучшие значения проходки на долото, механической и рейсовой скоростей бурения.

Как и в случае с традиционными способами бурения, эффективность шароструйного способа находится в зависимости от множества различных факторов. Одним из основных параметров, влияющих на эффективность шароструйного бурения, является расстояние между снарядом и забоем скважины (РСЗ).